

потребує нових досліджень їх технологічних можливостей. Тобто визначення їх спроможності вести обробку (зокрема отвори) різноманітних матеріалів, деталей різних геометричних розмірів. Саме дослідженню впливу параметрів оптики, що фокусує випромінювання лазера на АІГ, на форму та розміри отворів в заготовках різної товщини, присвячена дана робота.

Дослідження проводилося на лазерному устаткуванні у складі:  
лазера на АІГ (енергія в імпульсі 1,5 Дж, тривалість імпульсу 200 мкс);  
оптичної системи СОК1 з встановленою 2\* кратною телескопічною системою, розюстування якої дорівнювало «0»;

об'єктивів, що фокусують, з фокусною відстанню  $F$ , що дорівнювала 50, 75 та 100 мм. Заготовки розміщувались на спеціальному робочому столі. Заготовками для лазерного свердлення служили пакети лез з нержавіючої сталі товщиною 0,1 мм. Пакети складалися з 9, 14 та 18 шт. В кожній експериментальній точці досліди повторювали 3 рази, визначались середні значення отворів, їх дисперсія та інш.

Аналізую результати досліджень слід відмітити, що в факторному просторі, що досліджується (загальна товщина заготовки змінювалась від 0,9 до 1,8 мм,  $F=50\dots 100$  мм) при збільшенні фокусної відстані об'єктиву що фокусує зменшується конусність обробленого отвору, що пов'язано зі зростанням довжини перетину каустичної поверхні. Цікавим є те, що разом зі зростанням конусності оброблених отворів, при зменшенні фокусної відстані об'єктиву, що фокусує, збільшується розмір вхідної частини отвору. Це, можливо, пов'язане з тим, при зменшенні фокусної відстані об'єктивів різко зростає густина потужності сфокусованого лазерного випромінювання зі зменшенням довжини його перетину. В цьому випадку, утворена ерозійна плазма, відбиваючись з дна отвору, що обробляється, «розбиває» розплавлені стінки вхідної частини отвору, спотворюючи його вигляд.

УДК 621.9.048

Спаська О.О., студ.; Скулевич В.В. студ.; Махія А.О. студ.; Нетецький О.В. студ.;  
Клюкін Д.Є. студ.; Анякін М.І., д.т.н.

### **ЛАЗЕРНЕ СВЕРДЛЕННЯ ОТВОРІВ ПІД КУТОМ ДО ПОВЕРХНІ, ЩО ОБРОБЛЯЄТЬСЯ**

Сучасний розвиток промисловості потребує застосування різноманітних виробів, що виготовлені з різноманітних матеріалів (алмази, тверді сплави, різноманітні сплави та інш.), обробка яких традиційними методами (звичайне різання, електророзрядна обробка) не можлива, або надзвичайно трудомістка.

При створенні новітніх конструкцій газотурбінних двигунів, з метою експлуатації газотурбінних лопаток в оптимальному режимі, в їх тілі виготовляється велика кількість отворів, осі яких лягають під різноманітними кутами до поверхні деталі, причому кількість отворів (діаметр 0,6-1,2 мм) постійно збільшується. Враховуючи на те, що вказані лопатки можуть мати керамічне покриття, виготовлення вказаних отворів традиційною електророзрядною обробкою дуже трудомістке. На відміну від електророзрядної обробки, лазерне свердлення отворів, можливе у виробках, що виготовлені з кераміки, сталей та їх комбінацій, що робить її застосування цікавою для промисловості. Зазначимо, що при лазерному свердленні отворів при зміні куту нахилу отвору до поверхні, що обробляється (Рис.1), за умов збереження товщини заготовки, умов фокусування змінюється: глибина свердлення та форма плями фокусування (Рис.1), положення каустичної поверхні у тілі заготовки, що обробляється.

Саме тому, в даній роботі досліджується вплив товщини заготовки та куту її нахилу до осі сфокусованого променя на результат лазерного свердлення.

Дослідження проводились на експериментальному стенді у складі лазера на алюмо- ітрієвому гранаті (енергія імпульсу 1.5 Дж, протяжність у часі 200 мкс), та робочого столу з можливістю базування заготовки під кутом до осі сфокусованого променя. В якості зразків використовували пакети лез для гоління товщиною 0.5 та 1.0мм.

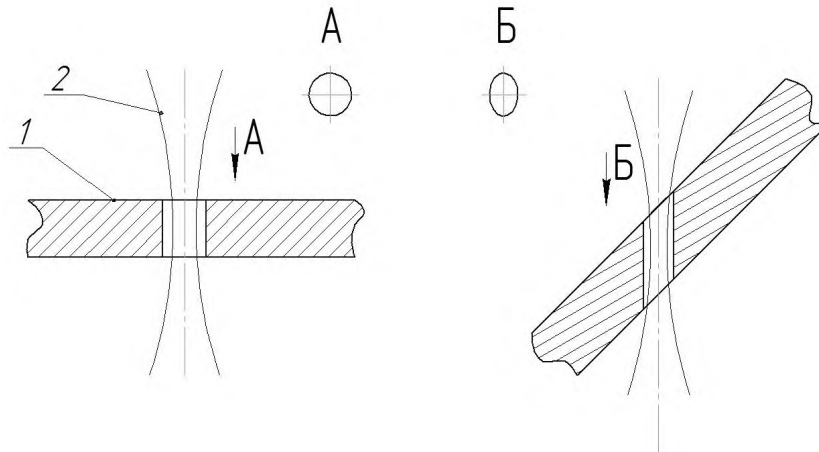


Рис.1 Схема обробки зразків, де: 1- сфокусований промінь; 2 -деталь, що обробляється; а) обробка під кутом  $\alpha = 90^\circ$ , б) обробка під кутом  $\alpha \leq 90^\circ$ .

В результаті виконання роботи встановлено, що при зменшенні кута між віссю сфокусованого променя та заготовки зростає діаметр прошитої отвору, що пов'язано зі зростанням плями фокусування; змінюється знак конусності прошитої отвору, що пов'язано зі зміною положення деталі відносно перетину сфокусованого променя.

УДК 620.178.162

Савіна Л.П., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доц.

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ЗРАЗКА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЛІНІЙНОГО ЗНОСУ**

Переважно для визначення величини лінійного зносу деталей машин після їх триботехнічного випробування використовують зразки, які відрізняються між собою своїм конструктивним виконанням [1]. Один з них виконаний з пазом на своїй робочій поверхні, при цьому одна із бокових граней вказаного паза нахилена до його дна під гострим кутом  $45^\circ$ , а друга складає з ним прямий кут [2, 3].

Такий зразок забезпечує можливість спрощення визначення дійсної величини лінійного зносу своєї робочої поверхні в залежності від змінної ширини виконаного на ній паза завдяки нахилу однієї із його бокових граней до свого дна під гострим кутом  $45^\circ$ . Проте він не забезпечує достатньої точності визначення величини лінійного зносу своєї робочої поверхні в залежності від змінної ширини паза, оскільки друга грань паза складає із своїм дном прямий кут і дозволяє отримувати тільки однакові значення по величині його змінної ширини.

В зв'язку з цим здійснено подальше удосконалення зазначеного зразка для підвищення точності визначення величини лінійного зносу своєї робочої поверхні в залежності від ширини виконаного на ній паза, згідно з яким друга його бокова грань